

samk

Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallenne.

Viite:

Latva, M., Peltö-Huikko, A., Kaunisto, T. 2022.

Tutkimus kupariputkien pistekorroosiosta.

Vesitalous 3/2022, 34-36.

Tutkimus kupariputkien pistekorroosiosta

Kirjoittajat Martti Latva, Aino Pelto-Huikko ja Tuija Kaunisto

tämä on rinnakkaistallennus Vesitalous 3/2022 julkaistusta artikkelista

Ingressi

Ennenaikaiset kiinteistöjen vesijärjestelmien kupariputkivauriot ovat viime vuosina olleet esillä julkisuudessa. SAMKin ja vesilaitosten toteuttamassa tutkimuksessa tarkasteltiin kenttäkokeiden avulla joitakin kiinteistöjen kuparisten vesijohtojen syöpymiseen vaikuttavia tekijöitä. Kokeet tehtiin kuuden eri vesilaitoksen verkostoon liitetyillä kiinteistön kupariputkiverkostoa simuloivilla koelaitteistoilla, joissa veden käyttöprofiili vastasi kiinteistön verkoston käyttöä.

Tausta

Ennenaikaiset kupariputkivauriot ovat viime vuosina olleet esillä julkisuudessa, mutta kuparisten vesijohtojen vaurioiden esiintymisestä ja syistä ei ole tilastotietoa. 1990-luvun lopulta lähtien kupariputkissa on joissakin kohteissa havaittu jo alle 10 vuoden käytön aikana putken seinämän läpäisevää pistekorroosiota, johon on useissa vauriotapauksissa todettu liittyneen korkeat piipitoisuudet sisäpinnan kerrostumissa.[1] Veden laatu ei monissa tapauksissa ole ollut täysin kupariputkien syöpyminen estämiseksi annettujen suositusten mukaista,[1, 2] mutta pistesyöpymiä on esiintynyt myös kupariputkien kestävyiden kannalta hyvälaatuisiksi luokitellussa vedessä.

Kupariputkien korroosioon liittyy monenlaisia sähkökemiallisten, fysikaalisten ja mikrobiologisten tekijöiden vuorovaikutuksia. Optimaalisessa tapauksessa putken sisäpinnalle muodostuu suojaava korroosiotuotekerros ja pinta passivoituu. Jos suojaavaa kerrosta ei muodostu, kupari voi syöpyä tasaisesti koko pinnalta (yleinen syöpyminen) tai paikallisesti (pistekorroosio).

Kupariputken pintaan muodostuvilla korroosiotuotekerroksilla on merkittävä vaikutus kupariputkien korroosion todennäköisyyteen. Liukenevan kuparin ja veden ainesosien muodostamia korroosiotuotteita syntyy useimmiten vedessä luonnostaan olevien yhdisteiden kuten hapen, hiiliyhdisteiden (karbonaattien) ja hydroksidien kanssa. Pinnalle muodostuvat korroosiotuotekerrokset voivat olla suojaavia, ei-suojaavia tai jopa korroosiota aiheuttavia tai kiihdyttäviä. Muodostuvan kerroksen ominaisuudet riippuvat voimakkaasti veden kemiallisesta laadusta.

Suojaava kerros muodostaa elektronien ja molekyylien liikkumista estävän sulkuesteen metallin ja veden välille, jolloin korroosio hidastuu tai lakkaa kokonaan. Suojaavan korroosiotuotekerroksen eli passiivikalvon muodostuminen on tärkeää sekä yleisen että paikallisen korroosion estämisessä. Passiivikalvo on tasainen, huokoseton, liukenematon ja hyvin kiinni pinnassa.[3] Suojaavan oksidikerroksen muodostuminen riippuu hapen kulkeutumisesta pinnalle. Suojaavien oksidikerrosten muodostumista käytön alkuvaiheessa on pyritty edistämään putkien valmistusprosessiin kuuluvien sisäpinnan käsittelyjen avulla.[4]

Kupariputkien vuodot ovat useimmiten olleet pistekorroosion aiheuttamia. Pistesyöpyminen voi alkaa erilaisissa pinnan heterogeenisuuskohdissa, kuten urissa, naarmuissa tai passiivikalvon vauriokohdissa. Pistekorroosiota voi esiintyä vesijohdoissa myös pinnalla olevien saostumien tai biofilmien alla. Vaikka pistekorroosiota on tutkittu paljon, sen alkusyitä ja etenemiseen vaikuttavia tekijöitä ei tunneta riittävästi. Pistekorroosioon liitetään monia vedenlaatutekijöitä kuten pH, kloridit ja kloori, sulfaatti-, alumiini- ja rautaionit sekä silikaatit sekä järjestelmään liittyviä fysikaalisia tekijöitä kuten putken

sisäpinnan epäpuhtaudet, veden lämpötila, paine ja virtausnopeus sekä suunnitteluun, asennukseen, käyttöönottoon ja veden käyttötapoihin liittyvät tekijät.

Kuparin pistekorrosio kuvataan yleensä kaksivaiheisena prosessina. Ensin on ydintymisvaihe, jossa syöpymät syntyvät, ja sitten etenemisvaihe, jossa syöpyminen etenee, mahdollisesti jopa putken seinämän läpi. Ydintymisvaiheen mekanismeja ei täysin tunneta, mutta niihin vaikuttavat sekä kemialliset että fysikaaliset olosuhteet. Etenemisvaiheessa tapahtuu sähkökemiallisia reaktioita, joissa anodireaktio (kuparin hapettuminen) tapahtuu pienissä anodikohdissa (pistesyöpymissä) ja katodireaktio syöpymää ympäröivillä laajoilla pinnoilla.[5]

Kenttäkokeet

Kiinteistöjen kupariputkien ennen aikaiseen syöpmiseen johtavien vaurioiden syiden selvittäminen on yleensä vaikeaa. Tarkasti pystytään tutkimaan vain vaurion havaitsemisen ajankohdan vesi, mutta ei vaurion syntymisen kannalta merkittäviä putkien ja niiden asennuksen ja käyttöönoton tai vedenlaadun ja sen vaihtelun historiatietoja. Siksi tässä tutkimuksessa pyrittiin löytämään uutta tietoa tarkastelemalla kupariputken sisäpintojen muutoksia 6, 12 ja 24 kuukauden käytön jälkeen erilaisissa vesissä. Kaikissa kohteissa käytettiin samasta Suomessa yleisimmin kiinteistöihin asennettavasta kupariputkityypistä irrotettuja putkinäytteitä.

Kenttäkokeiden avulla tutkittiin kiinteistöjen kuparisten vesijohtojen syöpmiseen Suomen olosuhteissa vaikuttavia tekijöitä. Kokeet tehtiin vesilaitosten verkostoihin liitetyillä, kiinteistön kupariputkiverkostoa simuloivilla koelaitteistoilla, joissa veden käyttöprofiili eli virtaus- ja seisotusjaksojen syklit vastasivat kiinteistön verkostoa. Projektin rahoittivat Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto, sosiaali- ja terveysministeriö sekä vesihuoltolaitokset Hangon vesi, Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä HSY, Porin Vesi liikelaitos, Rauman Vesi, Tampereen Vesi Liikelaitos ja Äänekosken Energia Oy. Satakunnan ammattikorkeakoulun Tutkimuskeskus WANDER vastasi yhdessä vesihuoltolaitosten kanssa projektin käytännön toteuttamisesta.

Tutkimuskohteina oli vesilaitoksia, joiden vedenjakelualueella on havaittu kupariputkien korroosiota ja joiden talousvesi on jonkin indikaattorin perusteella syövyttävää, sekä vesilaitoksia, joiden talousvesi ei ole indikaattoreiden perusteella syövyttävää. Tyypillisesti korroosiota on havaittu eniten lämpimän veden sekä lämpimän kiertoveden putkistoissa. Tästä syystä tutkimuksia tehtiin sekä kylmä- että lämminvesijärjestelmän putkissa. Kenttäkokeilla pyrittiin selvittämään talousveden laadun vaikutusta kupariputkien korroosioon. Putkilinjojen käyttö suunniteltiin vastaamaan asuinkiinteistöikäyttöä veden seisomisjaksojen ja juoksutusten osalta, ja vettä juoksutettiin putkiston läpi kuusi kertaa vuorokaudessa aina joka kerralla viiden minuutin ajan. Koe jatkui kahden vuoden ajan. Putkinäytteitä otettiin puolen vuoden, vuoden ja kahden vuoden käytön jälkeen. Käyttöönoton ja tutkimuksen aikana otettiin lisäksi vesinäytteitä, jotka analysoitiin. Irrotetut putkinäytteet sekä referenssinäyte analysoitiin pintatutkimusmenetelmillä ja yhdistämällä veden lämpötila- ja laatu tiedot ja pinta-analyyysien tulokset pyrittiin löytämään syitä kuparin pistekorroosioon.

Tulokset

Tutkimuksissa havaittiin pistekorroosiota paikkakunnalla A asennetuissa kupariputkissa jo 6 kuukauden käytön jälkeen riippumatta siitä, oliko putki ollut käytössä kylmässä tai lämpimässä vedessä. Paikkakunnalla B putkinäytteissä syöpymiä havaittiin vasta kahden vuoden käytön jälkeen sekä kylmässä vedessä että lämpimässä vedessä käytössä olleissa näytteissä. Muiden tutkimuksissa mukana olleiden

paikkakuntien putkinäytteissä ei pistesyöpymiä havaittu. Kuvassa 1 on esitetty syöpymiä yhden vuoden käytön jälkeen paikkakunnalla A.

Kuva 1:n paikka

Kaikkien putkien sisäpinnalla havaittiin saostumia. Karbonaattisaostumat olivat hyvin tyypillisiä erityisesti putkissa, jotka olivat olleet kylmässä vedessä.

Kirjallisuudessa pistesyöpymän syyksi on epäilty silikaattikerrostumia. Erityisesti paikkakunnan C putkinäytteissä vallitseva pintakerrostuma oli silikaatti. Silikaatti peitti putkien sisäpintaa, ja merkittävää oli, että silikaatin alta löytyi suojaava oksidikerros. Vaikka silikaatti ei muodostanut kaikin paikoin peittävää kerrostumaa, niin edes noista ”epäjatkuvuuskohdista” ei löytynyt syöpymän alkuja kuten ei muutenkaan silikaattisaostumien alta. Veden laadun tutkimukset osoittivat, että silikaattia oli myös selvästi eniten paikkakunnan C vedessä. Tämän tutkimuksen perusteella ei havaittu, että silikaatti olisi lisännyt pistekorroosion todennäköisyyttä.

Tarkasteltaessa syöpymiä havaittiin, että syöpymän alkaessa silikaattia ei ollut syöpymissä, vaikka se muuten peitti putken sisäpintaa varsin tasaisesti. Sen sijaan syöpymien ympärillä oli rautaa. Tämä on esitetty kuvassa 2, jossa on 12 kuukautta käytössä olleen putken pinta-analyysi.

Kuva 2:n paikka

Kaikissa putkinäytteissä havaittiin kupariputkien sisäpinnoilla rautaa, mutta pistesyöpymiä oli vain paikkakuntien A ja B vesissä olleissa putkissa. Paikkakunnilla A ja B veden pH-arvot olivat alhaisempia ja mitattu hiilidioksidipitoisuus korkeampi kuin muilla paikkakunnilla.

Kupariputken sisäpinnalle kiinnittynyt rauta tai rautaionit kykenivät ilmeisesti aiheuttamaan kohteissa A ja B vallitsevissa vedenlaatuolosuhteissa pistekorroosion ydintymisen sellaisiin kupariputken kohtiin, joihin rautaa oli kiinnittynyt, siitä huolimatta, että normaaliolosuhteissa rauta epäjalompana metallina toimii syöpyvänä anodina kuparin ja raudan välisessä reaktiossa. Syöpymien ydintymistä ja etenemistä tapahtui siis vain näissä kahdessa tutkimuskohteessa, mutta muissa neljässä kohteessa kupariputket eivät syöpyneet pinnalla olleesta raudasta huolimatta.

Päätelmät

Kupariputkien sisäpinnan pinta-analyysien ja vesianalyysien perusteella vedenlaatu vaihtelee tutkimuskohteiden välillä. Veden laadulla ja putkien sisäpintojen puhtaudella oli vaikutusta kupariputken pinnalla tapahtuviin reaktioihin. Silikaatteja, joiden on epäilty vaikuttavan kupariputkien pistesyöpymiin, esiintyi kaikissa vesissä ja niitä myös kiinnittyi kaikkialla putkien sisäpinnoille. Eri puolilla Suomea tehdyissä kenttäkokeissa veden sisältämän tai kupariputken sisäpinnalle saostuneen silikaatin määrä ei korreloinut pistekorroosion esiintymisen kanssa. Tässä tutkimuksessa silikaatin sijaan havaittujen syöpymien lähiympäristöstä löytyi rautaa, jonka myös aiemmin Kristiansen oli havainnut laboratoriotutkimuksissaan synnyttävän pistekorroosionalkuja kuparin pinnalle.[6] Vastaavasti myös Alhaji ja Reda olivat omista tutkimuksissaan havainneet Fe^{3+} -ionien toimivan pistekorroosioreaktiossa hapettimena.[7] Todennäköisesti kupariputken pinnalle saostunut, kiinnittynyt tai jäänyt rauta aiheuttaa kupariputken syöpymistä veden ollessa tekniseltä laadultaan epäsuotuisaa. Näitä vedenlaatutekijöitä ja raudan kiinnittymistä putkien pinnalle tulisi tarkastella lisää laboratorio-olosuhteissa, jotta reaktiomekanismi voitaisiin selvittää.

Kirjallisuusviitteet

1. Kaunisto, T. 2019. Henkilökohtainen tiedonanto.
2. Outokumpu 1990. Kupariputket. Outokumpu Poricopper Oy.
3. AWWA 2017. Internal Corrosion Control in Water Distribution Systems. American Water Work Association (AWWA). Manual of Water Supply Practices M58, Second Edition, 2017. 207 s.
4. Harju, T. & Sundelin, A. 2000. Kupariputket talotekniikassa. Talotekniikka 6/2000, s. 70–74.
5. Sarver, E. & Edwards, M. 2012. Inhibition of Copper Pitting Corrosion in Aggressive Potable Waters. International Journal of Corrosion, Volume 2012, Article ID 857823, 16 s.
6. Kristiansen, H. 1977. Corrosion of Copper by Water of Various Temperatures and carbon dioxide contents., Materials and Corrosion/Werkstoffe Und Korrosion, 28(11), 743–748. doi:10.1002/maco.19770281102.
7. Alhajji, J.N. & Reda, M.R. 1996a. Role of solution chemistry on corrosion of copper in synthetic solutions: effect of bicarbonate ion concentration on uniform and localized attack. British Corrosion Journal, 31, 2, 125–131.

Kuvatekstit

Kuva 1 (Scanning Electron Microscopy (SEM), Top Analytica Oy). Yhden vuoden käytön jälkeinen syöpymä paikkakunnalla A.

Kuva 2 (Scanning Electron Microscopy (SEM), Top Analytica Oy). Pistesyöpymiä kupariputken sisäpinnalla yhden vuoden käytön jälkeen paikkakunnalla A samasta putken sisäpinnan kohdasta. Vasemmalla punaisella piin sijainti. Vasemmassa kuvassa näkyy, että tummemmat kohdat ovat syöpymän alkua ja niissä kohdissa ei ole piitä kerrostunut. Oikeassa kuvassa vastaavasti punaisella raudan sijainti. Rauta näkyy erityisesti syöpymien kohdalla.